



Etude Stratégique du Mix Energétique pour la Production d'Electricité en Tunisie

Principaux résultats

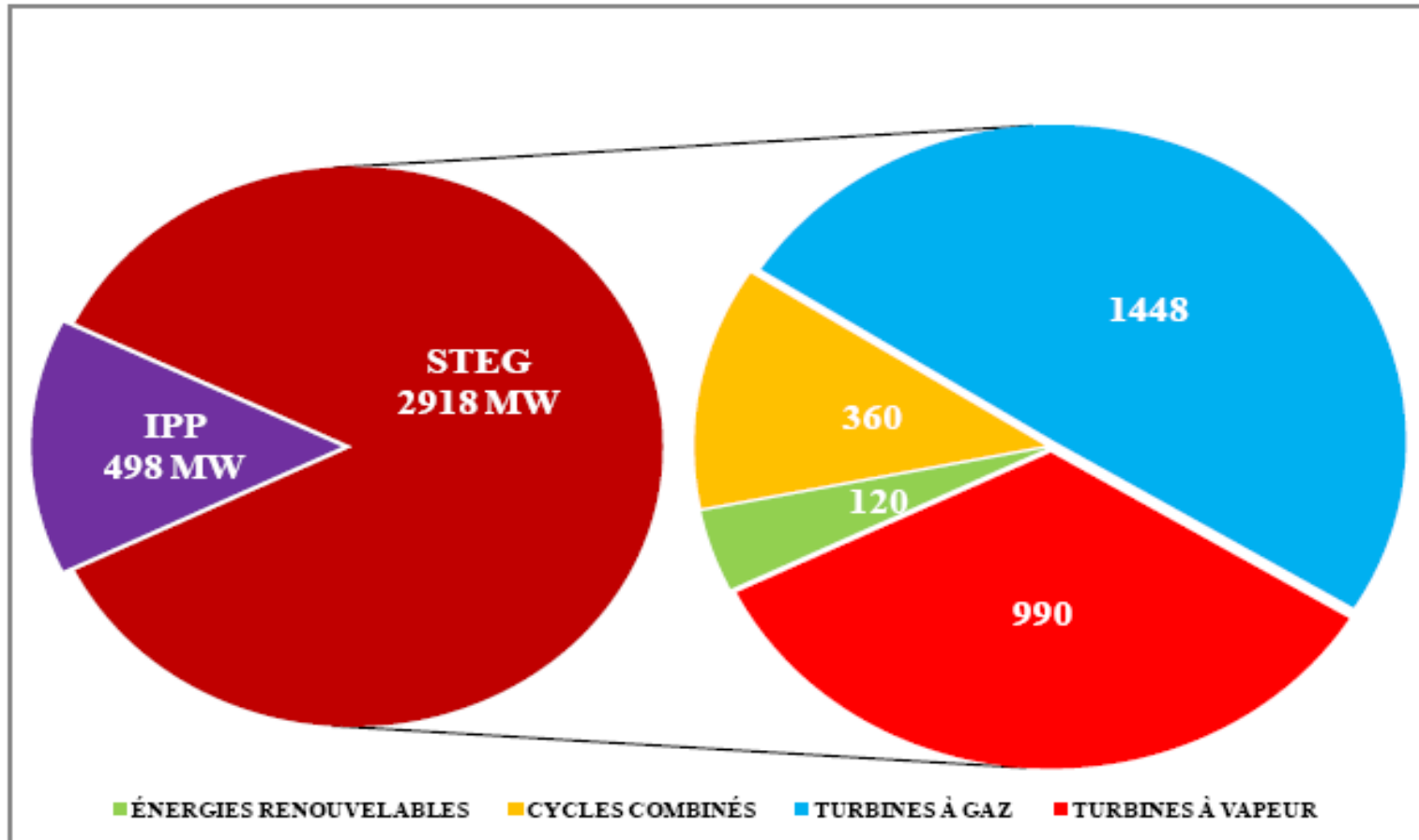


Abdelkarim GHEZAL

Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Energie

Situation du secteur électrique

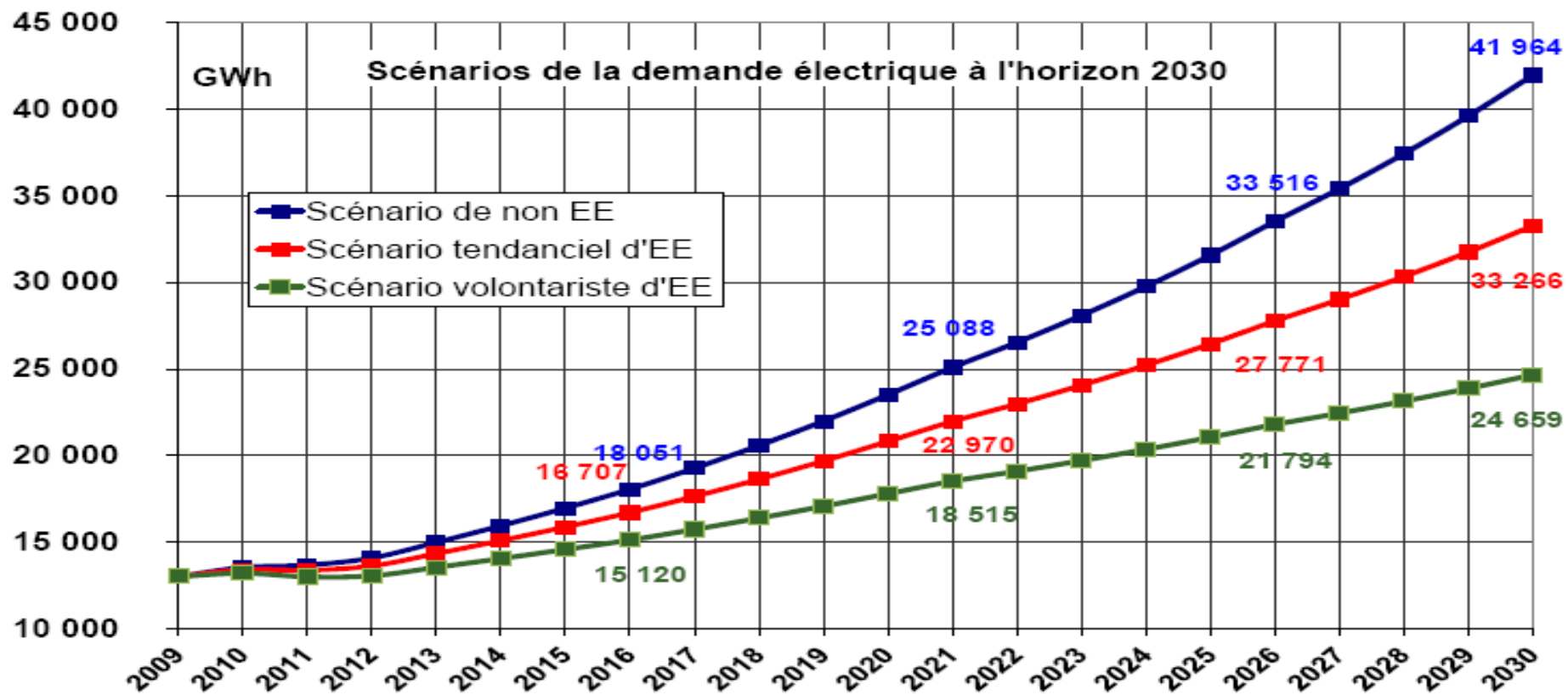
Parc de production



Parc installé : 3600 MW

Production 2010: 16 TWh

Prévision de la demande d'électricité à l'horizon 2030



Scénario retenu : Scénario d'EE tendancielle qui prévoit le même niveau de baisse de l'intensité électrique durant les cinq dernières années (-1.1% par an).

Etapes de l'étude sur le mix

- WP1: Analyse du développement du marché énergétique régional et international
- WP2: Analyse de la demande électrique tunisienne
- WP3: Analyse des différentes technologies de production d'électricité
- WP4: Analyse du secteur électrique tunisien
- WP5: Modélisation et scénarios
- WP6: Scénario final et stratégie

Présélection des technologies pour un futur mix électrique

	Combustible/ Source d'énergie	Technologies considérées
Fossile	Gaz Naturel	Cycle Ouvert (OC)
		Cycle Combiné
	Charbon	Centrales à vapeur au charbon pulvérisé (SCPC)
Nucléaire	Uranium	Réacteur à eau pressurisée (PWR)
Renouvelable	Solaire	Photovoltaïque (PV)
		Thermo-solaire (CSP)
	Eolien	Parcs éoliens « Onshore »

Critères et paramètres utilisés dans l'analyse

Critères technico-économiques

- Consommation d'énergie primaire conventionnelle
- Consommation d'énergie des différents combustibles
- Coût de combustible
- Prix de revient du kWh sans externalités
- Prix de revient du kWh avec externalité
- Aptitude à mettre a disposition de la réserve de puissance
- Risque technique

Critères stratégiques

- Sécurité d'approvisionnement énergétique

Critères socio-économiques

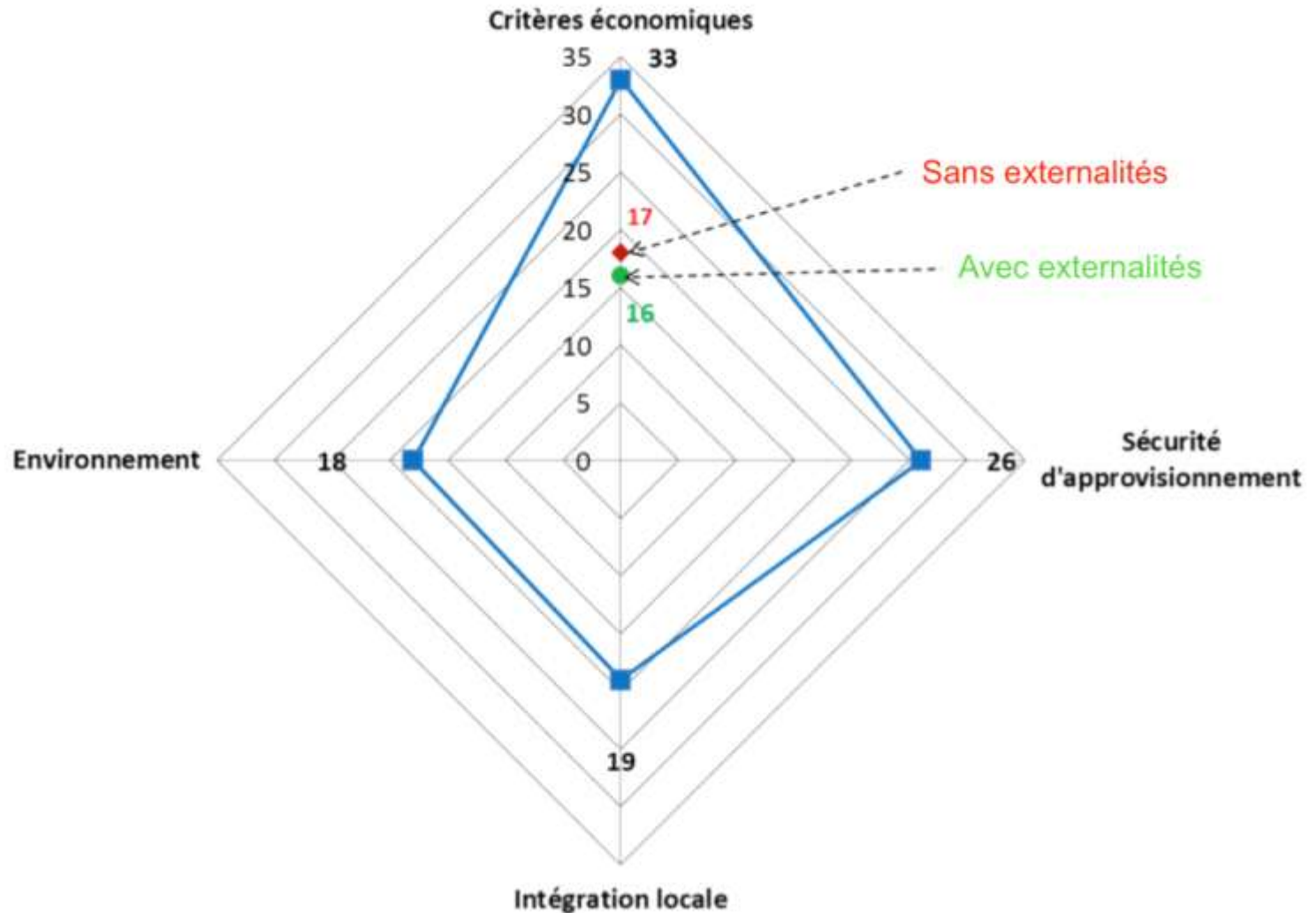
- Investissement requis
- Taux d'intégration locale
- Création d'emplois
- Acceptabilité sociale
- Risques économiques

Critères environnementaux

- Pollution atmosphérique (SO₂, NO_x, Poussières)
- Emission de gaz à effet de serre (CO₂)
- Déchets nucléaires
- Occupation d'espace
- Consommation d'eau douce

Comment prioriser ces critères ?

Priorisation des familles de critères



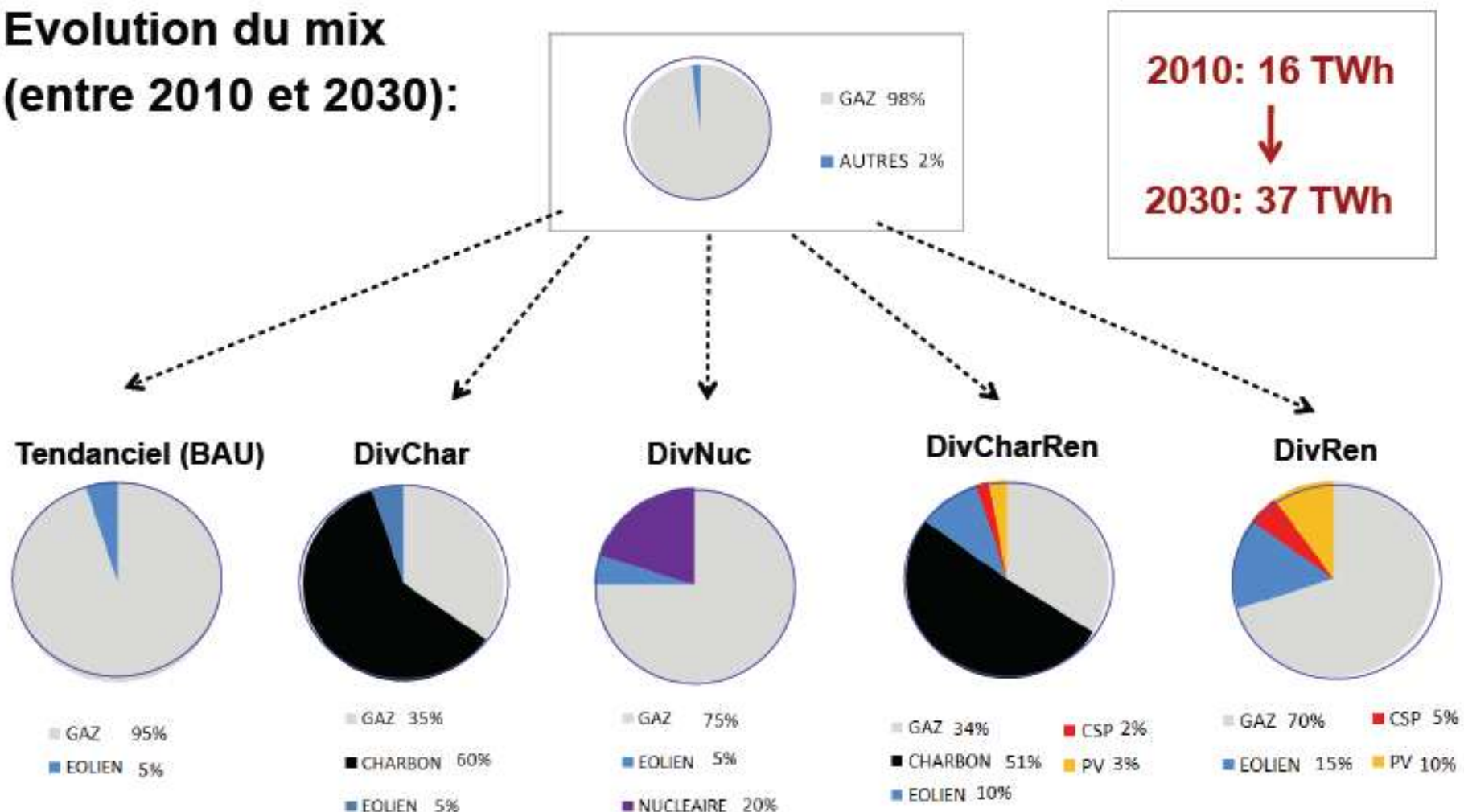
Evolution possible du parc électrique : les scénarios du mix

Scénario	Technologies pour les nouvelles capacités
Tendanciel	Gaz naturel : TG et CC Renouvelables : Taux de pénétration maximal de 5% en 2030
Pénétration du charbon	Charbon : A partir de 2020, au lieu de construire de nouvelles centrales CC, des centrales à charbon seront mises en service. Gaz naturel : CC (jusqu'en 2019) et TG Renouvelables : Taux de pénétration maximal de 5% en 2030
Pénétration du nucléaire	Nucléaire : 1000 MW en 2025 Gaz naturel : TG et CC Renouvelables : Taux de pénétration maximal de 5% en 2030
Pénétration du charbon et renouvelables	Charbon : A partir de 2020, au lieu de construire de nouvelles centrales CC, des centrales à charbon seront mises en service. Gaz naturel : CC (jusqu'en 2019) et TG Renouvelables : 10% additionnel par rapport au scénario tendanciel, soit un taux de pénétration global en production d'environ 15% en 2030.
Pénétration des renouvelables	Gaz naturel : TG et CC Renouvelables : 25% additionnel par rapport au scénario tendanciel, soit un taux de pénétration global en production d'environ 30% en 2030.

Impact des scénarios

Mix énergétique

Evolution du mix (entre 2010 et 2030):



Impact des scénarios

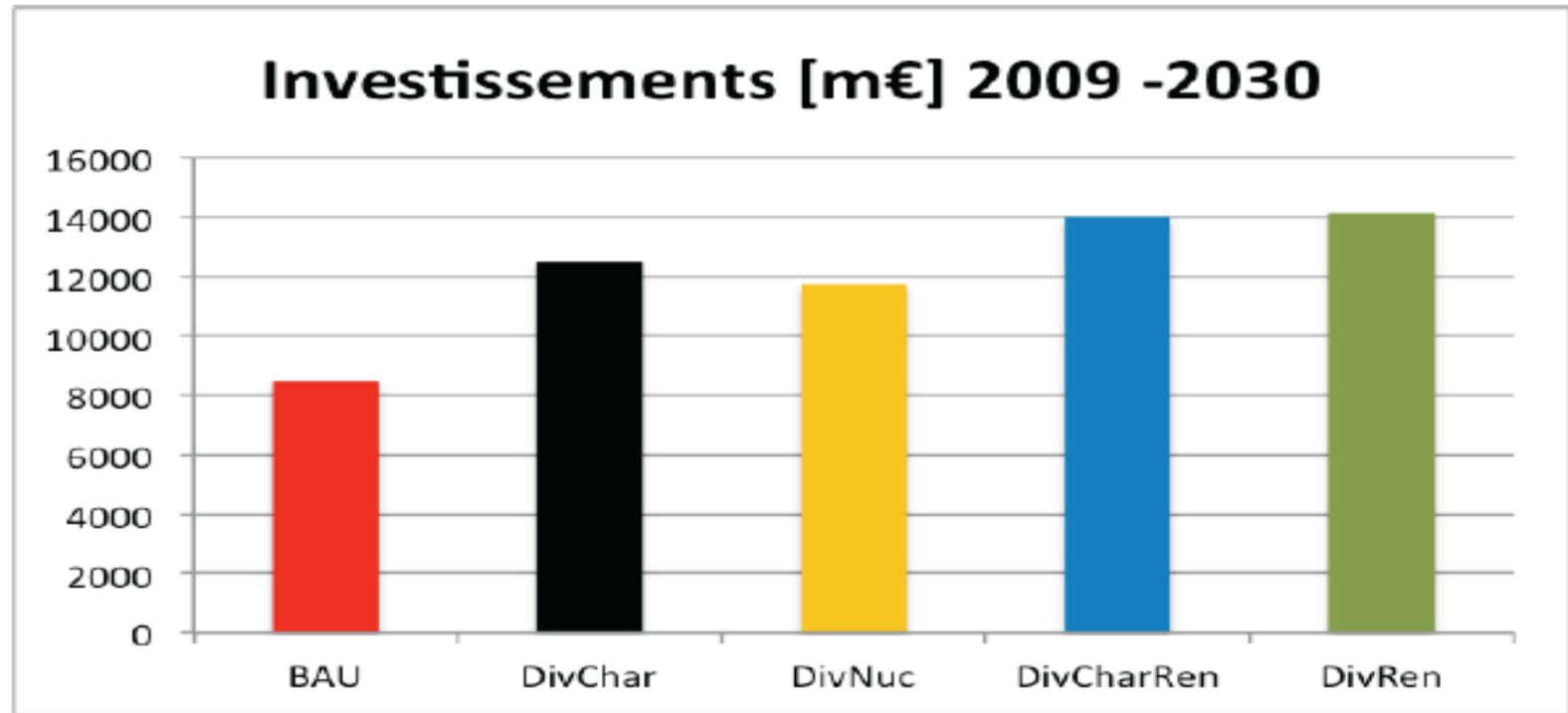
Puissances installées

	BAU	DivChar	DivNuc	DivCharRen	DivRen
Gaz	10150	7230	9090	7220	9130
Charbon	-	2930	-	2550	-
Nucléaire	-	-	1000	-	-
Éolien	510	510	510	1010	1520
PV	-	-		580	1930
CSP	-	-		240	600
TOTAL	10660	10670	10600	11600	13180

la capacité totale installée en 2030 pour le scénario Renouvelables est supérieure à celle prévue par les autres scénarios: le recours aux renouvelables (faible facteur de charge) engendre une certaine augmentation de capacités conventionnelles de secours.

Impact des scénarios

Investissement

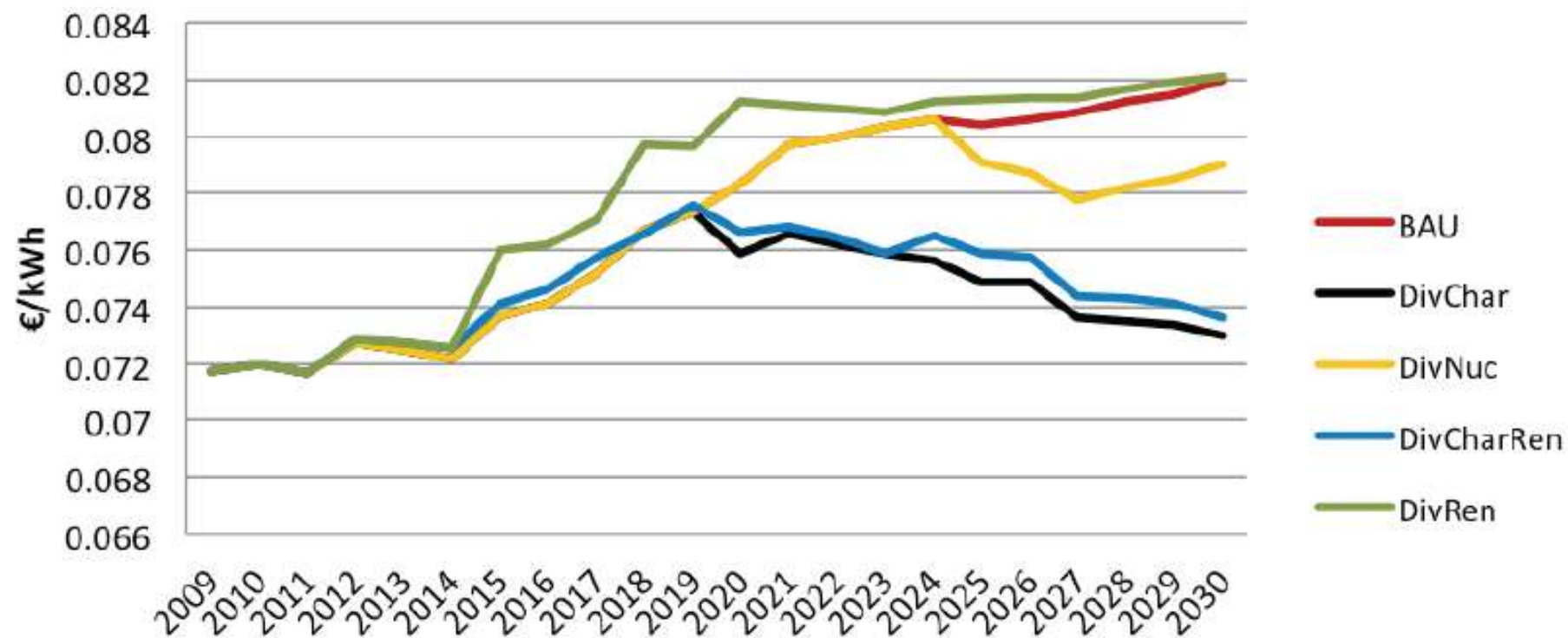


Critères Σ : données cumulées	2009-2030 BAU	2009-2030 DivChar	2009-2030 DivNuc	2009-2030 DivCharRen	2009-2030 DivRen
Investissements [m€2010] Σ	8,500	12,517 (+47%)	11,738 (+38%)	14,020 (+65%)	14,137 (+66%)

Impact des scénarios

Coût de revient spécifique

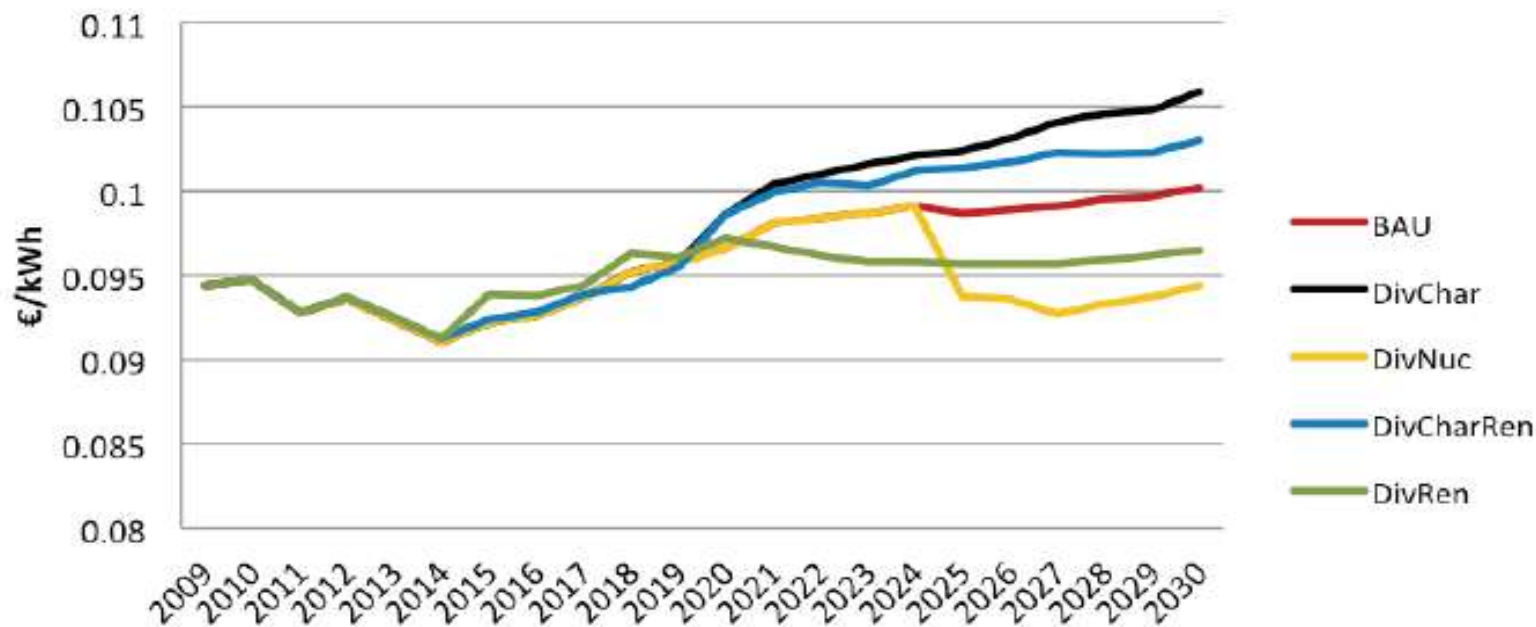
Coût de revient spécifique €2010/kWh sans externalités



Impact des scénarios

Coût de revient spécifique

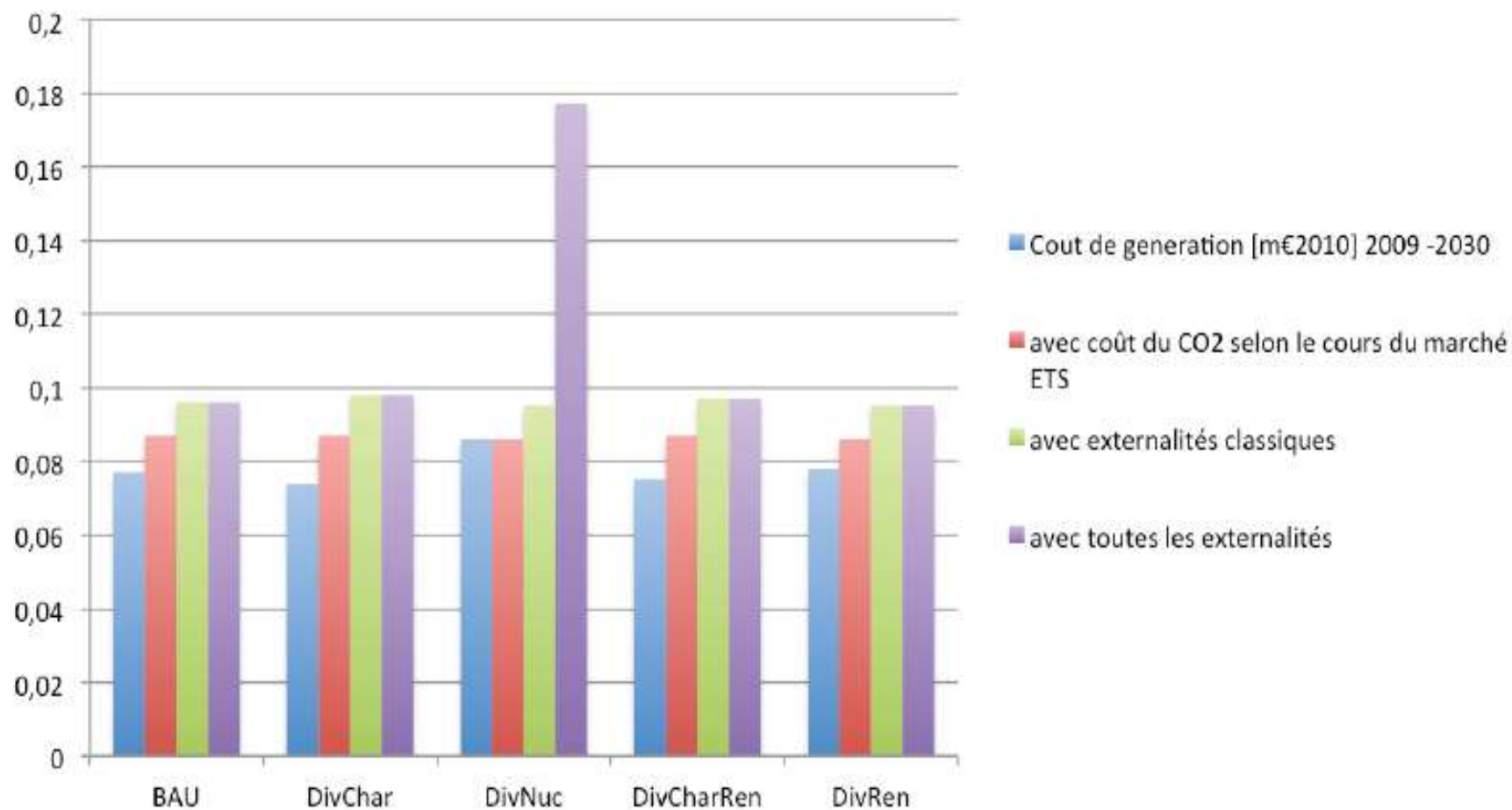
Coût de revient spécifique €2010/kWh avec externalités classiques



Critères Ø : données moyennes	2009-2030 BAU	2009-2030 DivChar	2009-2030 DivNuc	2009-2030 DivCharRen	2009-2030 DivRen
Coût de revient spécifique [€2010/kWh] Ø	0.096	0.098 (+2%)	0.095 (-1%)	0.097 (+1%)	0.095 (-1%)

Impact des scénarios

Coût de revient moyen

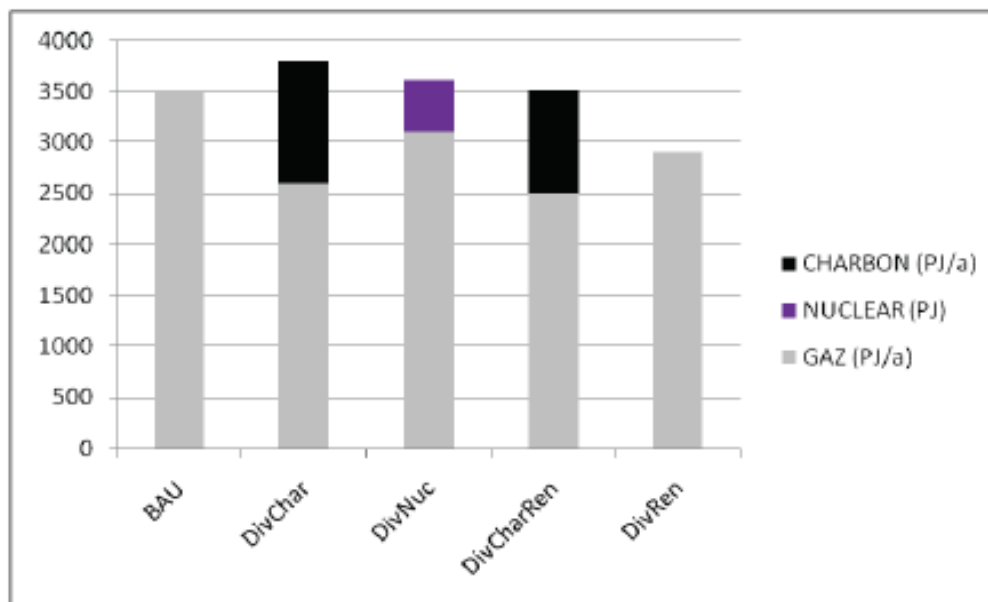


Impact des scénarios

Consommation d'énergie primaire

Valeurs cumulées:

Σ Energie primaire cumulée
entre 2009- et 2030 (PJ):



Σ matière primaire cumulée
entre 2009- et 2030 (PJ):

	BAU	DivChar	DivNuc	DivChar Ren	DivRen
GAZ (milliards m ³)	95	69	84	67	77
CHAR. (million t)	0	44	0	40	0
NUCL. (t U ₃ O ₈)	0	0	1090	0	0

Impact des scénarios (qualitatifs)

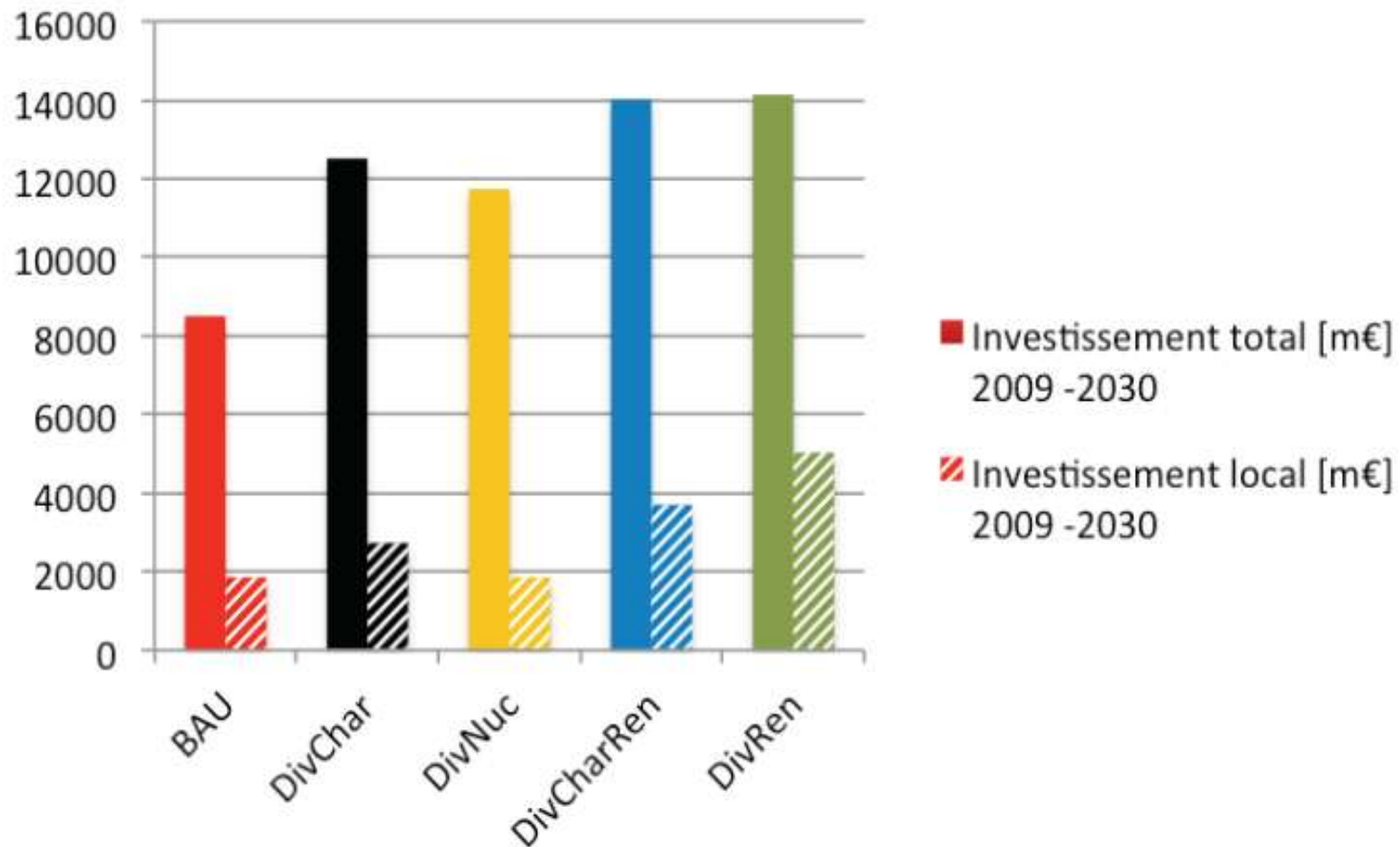
Sécurité d'approvisionnement

- La contribution à la sécurité d'approvisionnement est considérée faible pour les combustibles importés sur des marchés monopolisés, moyenne pour les sources énergétiques primaires non-importées et haute pour les énergies renouvelables.
- Evaluation par rapport au scénario tendanciel (BAU):

Scénario	Sécurité d'approvisionnement
Charbon	légèrement amélioré
Nucléaire	indifférent
Charbon/Renouvelable	augmentée
Renouvelable	augmentée

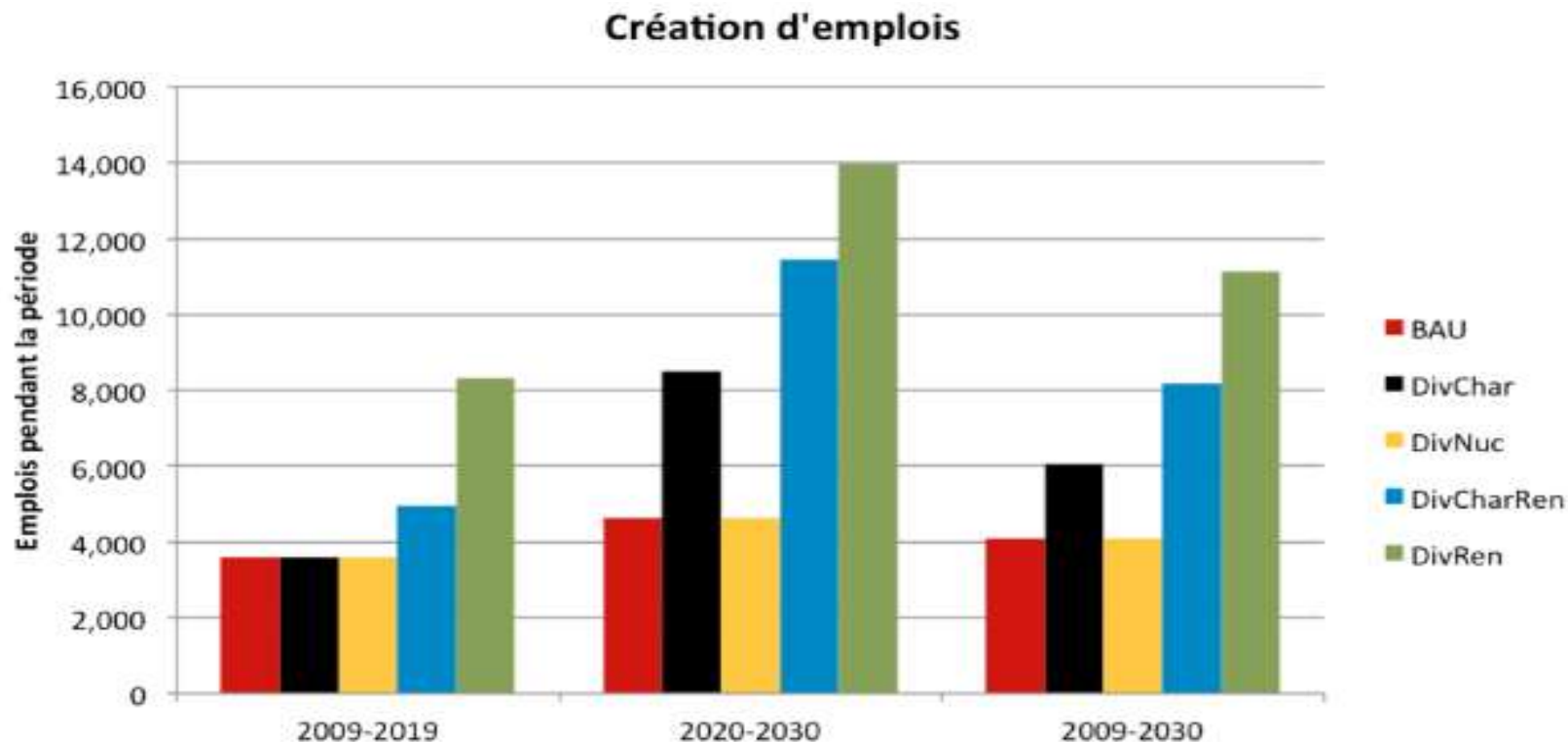
Impact des scénarios

Intégration locale



Impact des scénarios

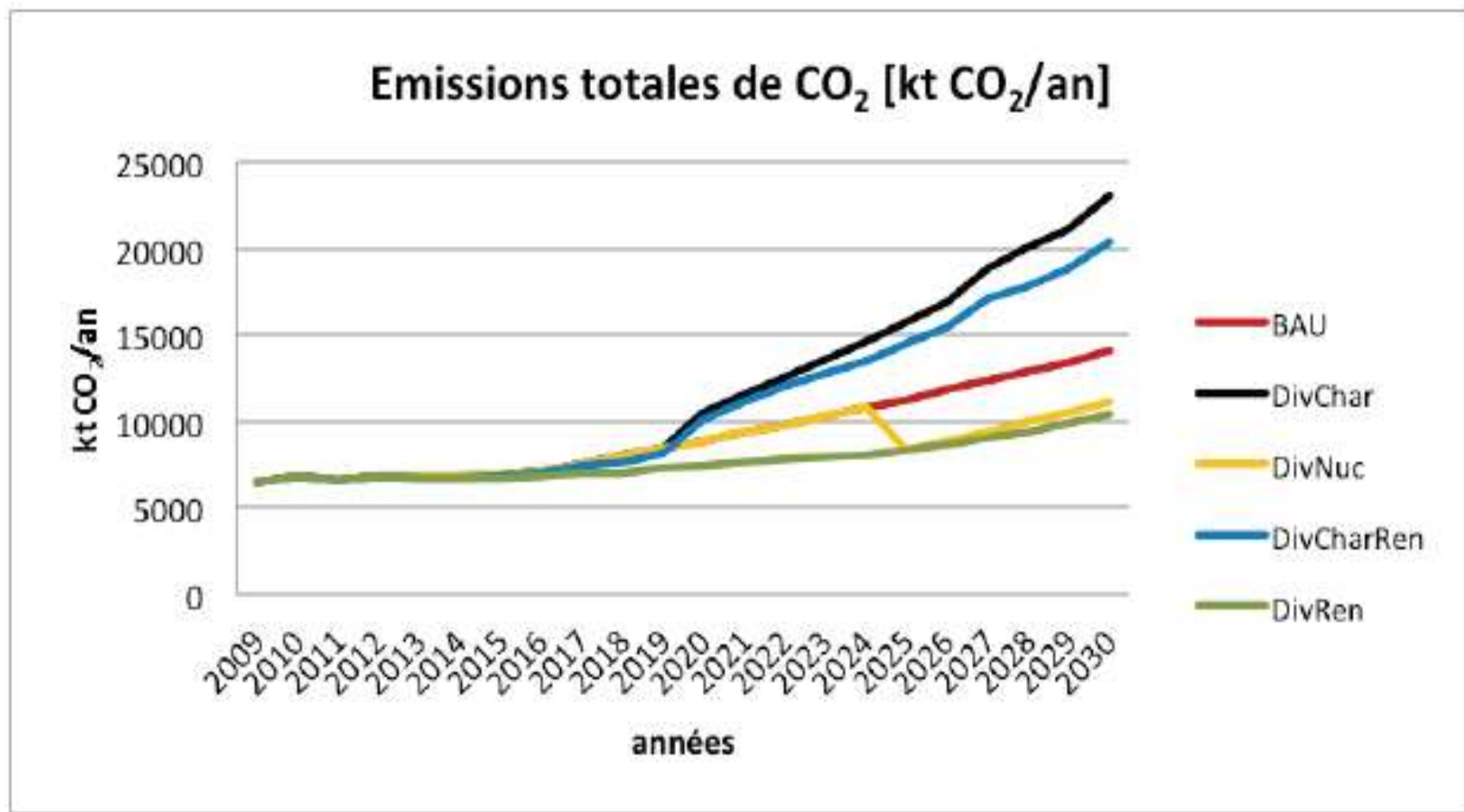
Création d'emplois



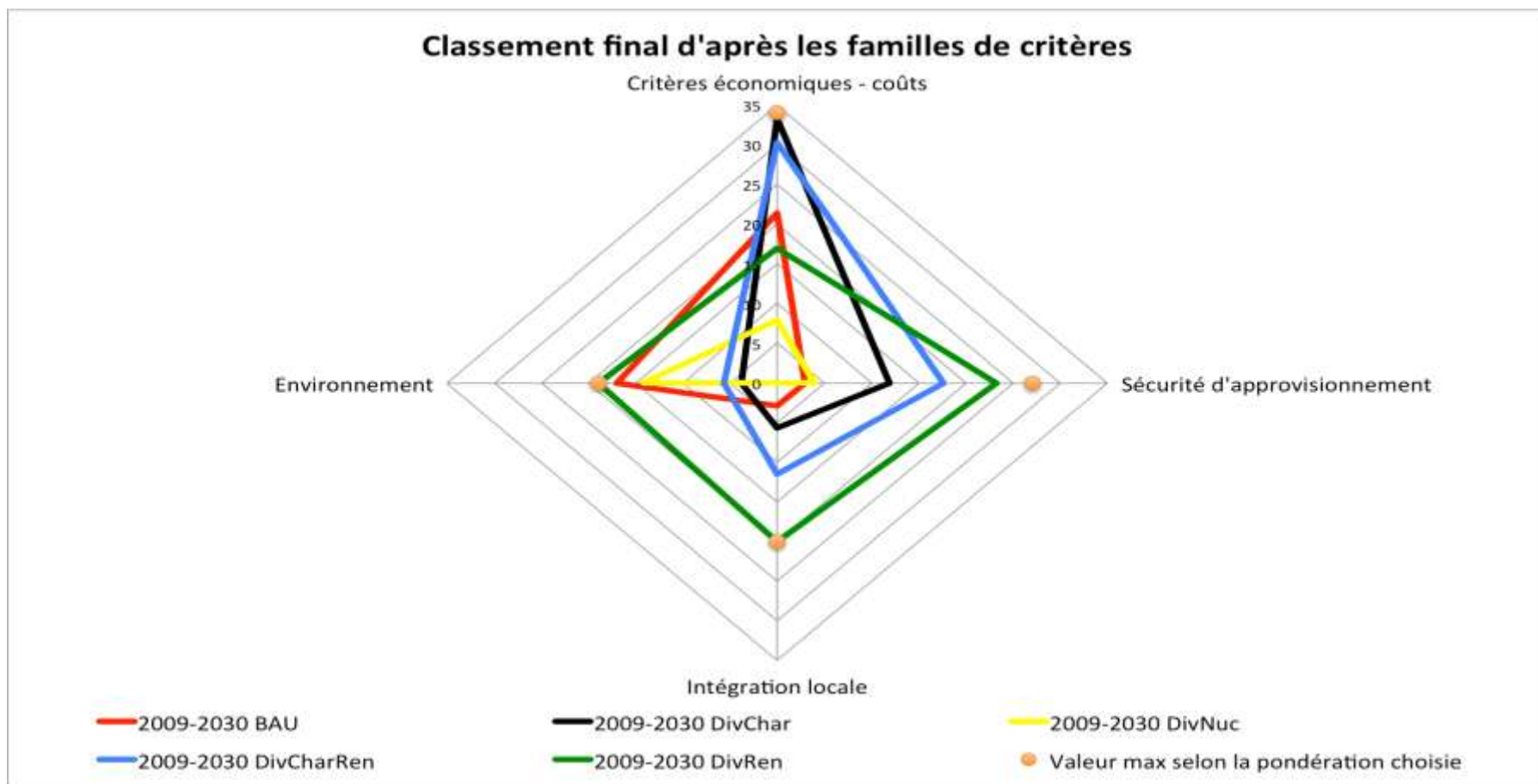
Critères Σ : données cumulées Ø : données moyennes	2009-2030 BAU	2009-2030 DivChar	2009-2030 DivNuc	2009-2030 DivCharRen	2009-2030 DivRen
Emplois annuels [nombre] Σ	90,406	133,032 (+47%)	90,463 (+0%)	180,308 (+99%)	245,221 (+171%)
Emplois pendant la période [nombre] Ø	4,109	6,047	4,112	8,196	11,146

Impact des scénarios

Emissions de CO₂



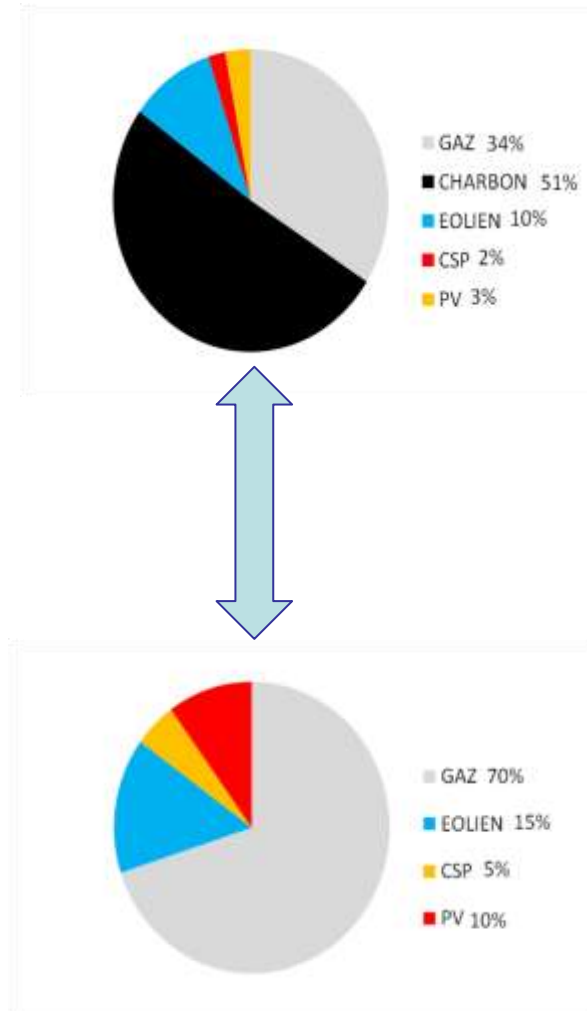
Classement des scénarios selon les critères



Le scénario « renouvelable » est le plus équilibré : effets positifs sur l'emploi, faible impact environnemental et demande limitée en énergies primaires.

Récapitulatif

- ❖ L'objectif de l'étude était de comparer de manière qualitative et quantitative un scénario « tendanciel » (gaz) avec différents options de diversification – le charbon, le nucléaire et les énergies renouvelables.
- ❖ L'augmentation de la demande d'énergies fossiles et des émissions liées en gaz à effet de serre est nettement atténuée dans le scénario ayant une forte proportion d'énergies renouvelables.
- ❖ Les scénarios renouvelables ont les potentiels d'intégration locale et de création d'emplois les plus élevés.
- ❖ Les scénarios charbon/gaz n'apportent pas de réelle contribution à l'indépendance énergétique de la Tunisie.
- ❖ Orientation vers un scénario intermédiaire favorisant les énergies renouvelables (30%) et une déversification fossile charbon/gaz naturel



Stratégie pour la mise en œuvre du scénario retenu

Éléments de la stratégie :

- Les orientations en matière de politique énergétique dans le pays
- La planification de la construction du parc électrique additionnel, par type de technologie jusqu'en 2030
- Le développement des infrastructures de transport et notamment les interconnexions régionales
- Les principales réformes réglementaires et institutionnelles nécessaires pour accompagner la mise en œuvre du scénario du mix énergétique retenu
- Les incitations financières et les financements à mobiliser pour mettre en œuvre le scénario retenu.

Merci de votre attention

akghezal@anme.nat.tn